Open in app

Marlon Sousa

4 Followers About

Astronomia — Galáxias Pt 1

Marlon Sousa Nov 4, 2020 · 5 min read

O que é uma galáxia ?

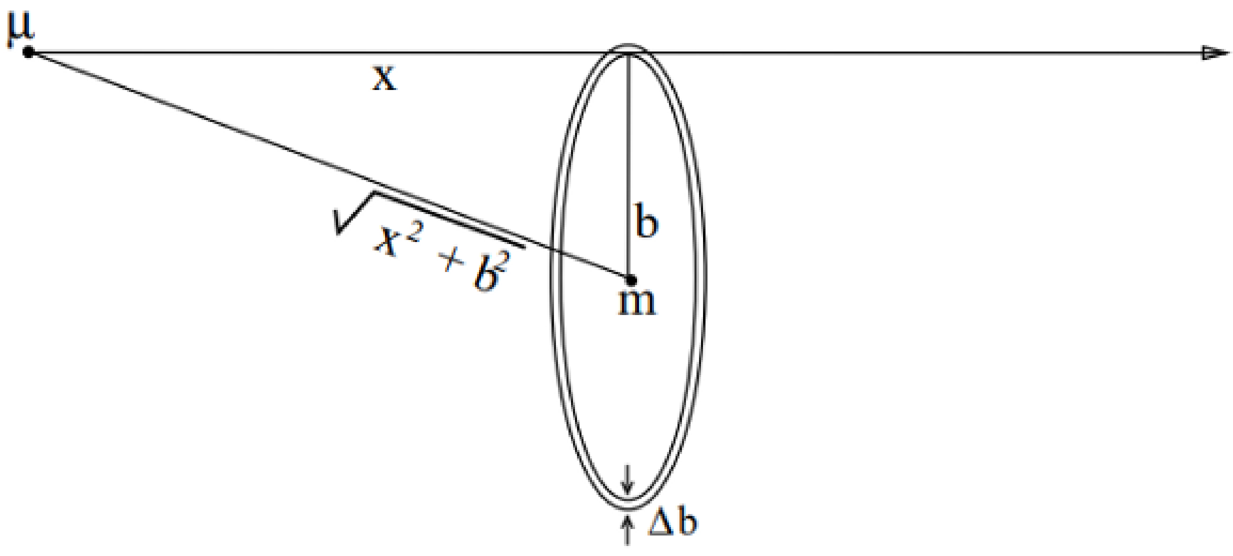
Galáxia é um sistema de estrela e gás, como a Via Láctea (A palavra galáxia vem do grego para “leite”). Antes do século passado, a via láctea não era apenas a única conhecida galáxia, mas pensava-se que constituía todo o universo. Em 1926, Edwin Hubble mostrou que a nebulosa de Andrômeda era na verdade uma galáxia separada. A Terra não é o centro do Sistema Solar, O sistema Solar não é o centro da via láctea, e a via láctea é apenas uma das bilhões de galáxias no universo. Como as estrelas são sustentadas pela pressão interna do gás as galáxias também têm energia interna que impede colapso gravitacional, mantido em equilíbrio pelo teorema viral.

Com base em seus estudos de física 1, temos conhecimento de que T é a energia cinética das partículas e U é a energia potencial gravitacional. Como qualquer sistema auto gravitante, a energia potencial é dada por:

$$U \sim -\frac{GM^2}{R},$$

Aqui M e R são a massa e o tamanho característico do sistema e G é a constante gravitacional de Newton. A energia cinética é dada por:

$$T = \frac{1}{2}Mv^2,$$



Uma estrela de massa μ viajando com velocidade v passa uma segunda estrela, com massa m à distância da abordagem mais próxima (parâmetro de impacto) b.

Onde V² é o quadrado da velocidade média de uma partícula no sistema. O potencial gravitacional é então de ordem

$$\Phi \sim \frac{GM}{R} \sim v^2.$$

Para uma galáxia comum temos:

$$\begin{aligned}&\text{radius } R \sim 10\text{kpc}\\&\text{density } \rho \sim 0.1 M_\odot/\text{pc}^3 \text{ and,}\\&N_\text{stars} \sim 10^{11}.\end{aligned}$$

A velocidade "térmica" para estrelas individuais dentro da galáxia é então v ~ 210km/s

Ao contrário do interior das estrelas, onde o caminho livre médio (mfp) das partículas é muito mais curto do que o tamanho da estrela, o caminho livre médio de uma estrela dentro de uma galáxia é muito maior do que o tamanho da galáxia, sugerindo que não se pode esperar que uma estrela média se espalhe por outra estrela durante uma órbita ou mesmo durante sua vida. Como quantificamos as interações de espalhamento? Para estrela com massa μ movendo-se ao longo de uma trajetória x = vt com parâmetro de impacto b em relação a outra estrela com massa m, a mudança na componente de velocidade perpendicular à direção de deslocamento, DELTA V é dado por

$$\Delta v_\perp = \frac{F_\perp \Delta t}{\mu} = \frac{Gmb}{(x^2+b^2)^{3/2}}\Delta t.$$

Assumindo uma velocidade constante v durante a interação, esta mudança na velocidade perpendicular pode ser integrado ao longo do tempo, dando

$$\Delta v_\perp = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{F_\perp}{\mu} dt = \frac{Gm}{b^2}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{dt}{\left[1+\left(\frac{vt}{b}\right)^2\right]^{3/2}} = 2\frac{Gm}{bv}.$$

Chamamos um espalhamento de "forte" se

então

$$b_{\text{strong}} = 2Gm/v^2$$

. A secção transversal de espalhamento delta

é portanto

$$\sigma = \pi b_{\text{strong}}^2 = \pi \left(\frac{2Gm}{v^2}\right)^2 \sim \frac{4\pi}{N^2} R^2,$$

Usamos o teorema virial para obter V² ~ GmN/R. Agora queremos ver com que frequência uma estrela pode realmente experimentar um forte encontro com outra estrela. Para baixas densidades numéricas n, a probabilidade de um encontro de espalhamento forte durante um único cruzamento orbital é dado por:

$$n\sigma R = \frac{N}{\frac{4}{3}\pi R^3} \cdot \frac{4\pi}{N^2} R^2 \cdot R = \frac{3}{N},$$

Probabilidade de um encontro forte em um cruzamento

Um número muito pequeno de galáxias com N ~ 1^{011}! Portanto, podemos dizer com segurança que a forte dispersão não desenham um papel muito importante nas órbitas das estrela dentro da galáxia.

Devemos, no entanto, considerar os efeitos cumulativos do espalhamento fraco de interações gravitacionais de longo alcance. Tratando os encontros como uma coleção de etapas em um passeio aleatório, encontramos

$$(\Delta v_\perp)_{\text{total}} = \sqrt{\sum_i (\Delta v_{\perp i})^2}$$

de um tempo Ωt, a velocidade perpendicular acumulada é dada por

$$\sum_i (\Delta v_{\perp i})^2 = \int_0^\infty \underbrace{2\pi v \Delta t\; bdb}_{\text{volume element}} \; n\left(\frac{2Gm}{bv}\right)^2 = \Delta t \frac{8\pi G m^2 n}{v} \int_0^\infty \frac{db}{b}.$$

Para obter um valor finito para a integral, devemos impor limites físicos em b. O limite superior é o tamanho da galáxia. O limite inferior é o parâmetro de impacto no qual uma colisão é considerada forte. Tomando bmin = Gm/V² e bmax = R, a integral pode ser avaliada como:

$$\int_{b_{\min}}^{b_{\max}} \frac{db}{b} = \ln \Lambda = \ln \frac{Rv^2}{Gm} \sim \ln N \sim 25,$$

Onde usamos novamente o teorema virial para substituir R/Gm ~ N/v²

Para um sistema de estrelas em uma galáxia, podemos definir um tempo de relaxamento para o qual a velocidade perpendicular acumulada é comparável à velocidade média: Combinando as equações vemos que aquele:

$$t_{\text{relax}} \sim \frac{v^3}{8\pi G^2 n m^2} \frac{1}{\ln \Lambda}.$$

O número de órbitas necessárias para o sistema “relaxar” é dado por:

$$\frac{t_{\text{relax}}}{t_{\text{orbit}}} \sim \frac{v^3}{8\pi G^2 n m^2} \frac{1}{\ln \Lambda} \frac{v}{R} \sim \frac{v^4 R^2 \frac{4}{3}\pi}{8\pi G^2 N m^2 \ln \Lambda} \sim \frac{N}{6 \ln N},$$

Então parece que o espalhamento fraco também é relativamente insignificante para calcular órbitas dentro das galáxias. Evidentemente, devemos pensar em uma

Astronomy Physics Fisica Matematica Mathematics